

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.9.01/02

### МОБИЛЬНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*д-р техн. наук, доц. Н.Н. ПОПОК*  
(Полоцкий государственный университет)

*Рассмотрены основные варианты интеграции новых технологий и изделий с базовым производством. Приведены методика и формулы для расчета степени сложности изделий и мобильности машиностроительного производства. На примере инструментального производства показаны возможности реализации мобильной интеграции изделий и технологий.*

*Предложенная методика и расчетные формулы позволяют произвести экспресс-оценку степени технологической мобильности производства по показателю степени сложности базовых и новых изделий и технологий. С учетом программы выпуска изделий и себестоимости их проектирования и изготовления данная методика также обеспечивает оценку прогнозируемых финансовых затрат на освоение новых изделий и технологий.*

**Введение.** Повышение конкурентоспособности отечественного машиностроения неразрывно связано с освоением новых изделий и технологий. При этом актуальным является решение проблемы эффективной интеграции новых изделий и технологий с действующим (базовым) производством и соответствующего анализа технологических возможностей базового производства.

Существующие подходы к оценке технологических возможностей производства основываются или на устаревших методиках проектирования заводов и цехов [1], или на достаточно трудоемком определении сложности изделий с учётом количества его элементов и себестоимости их изготовления [2], или на определении показателей трудоёмкости их механической обработки [3], или сводятся к оценке структурно-параметрической сложности деталей [4].

**Основная часть.** Согласно предложенной концепции мобильной реорганизации и развития машиностроительного производства [5] оценка технологических возможностей производства осуществляется, в первую очередь, на основе сравнения степеней сложности проектирования и изготовления базовых изделий (ранее серийно выпускались на действующем предприятии и определяли технологический базис предприятия) и нового изделия (принимается к освоению в производстве), причём по критерию наибольшего применения (частоты встречи) типовых узлов и деталей изделий. То есть по существу на этом этапе мобильной реорганизации производства выбирается изделие наиболее рациональное для технологического базиса данного предприятия. Разработаны методики экспресс-оценки степени сложности изделий [6] и степени мобильности машиностроительного производства [7].

Степень сложности изделия представлена как показатель, включающий группу структурной сложности изделия и поправочные коэффициенты на его концептуальную сложность, новизну и т.д. В свою очередь структурная сложность изделия определяется трудоёмкостью его проектирования или изготовления. Для станочных изделий показатель степени сложности  $Q$  рассчитывается по следующей формуле:

$$Q = G_{cc} k_k k_n k_e k_z, \quad (1)$$

где  $G_{cc}$  – группа структурной сложности изделия;  $k_k$  – коэффициент концептуальной сложности изделия;  $k_n$  – коэффициент новизны решений;  $k_e$  – коэффициент изменения веса изделия;  $k_z$  – коэффициент изменения эксплуатационных характеристик изделия;  $k_e$  – коэффициент изменения габаритных размеров изделия.

Степень мобильности производства  $Q_m$  определяется его возможностью реализовать данную степень сложности изделия или его способностью быстро и с минимальными затратами перестраиваться на выпуск новой продукции:

$$Q_m = f(\Delta Q / \Delta \tau \cdot \Delta Z), \quad (2)$$

где  $\Delta Q$  – отклонение степени сложности нового и базового вариантов производства;  $\Delta \tau$  – интервал времени, необходимый для реализации нового варианта производства;  $\Delta Z$  – величина дополнительных материальных затрат на реализацию нового варианта производства.

При введении в базовое производство новых изделий и технологий возможны следующие сочетания вариантов:

- 1) базовое изделие – базовая технология;
- 2) базовое изделие – новая технология;
- 3) новое изделие – базовая технология;
- 4) новое изделие – новая технология.

*Первый вариант* является отсчётным (нулевым) для интеграции новых изделий и технологий и по нему определяется степень сложности проектирования и изготовления базового изделия. По *второму варианту* предполагается осваивать новую технологию при выпуске базового изделия с целью повышения производительности труда и качества изделия, а также снижения себестоимости продукции. При этом сравниваются степени сложности базовой и новой технологий. Новая технология признаётся эффективной, если она обеспечивает, например, снижение трудоёмкости по сравнению с базовой. По *третьему варианту* оцениваются возможности базовой технологии для производства нового изделия и сравниваются степени сложности нового и базового изделий. По *четвёртому варианту* определяются степени сложности проектирования нового изделия и новая технология изготовления. Производится сравнение этого варианта с первым вариантом.

С учётом многообразия изделий и технологий анализ приведенных вариантов требует привлечения аппарата математической статистики и теории вероятности. Поэтому введем некоторые показатели и коды, учитывающие это многообразие и возможности автоматизированной обработки статистических данных. Производство может рассматриваться на базовом (код 0) и новом (код 1) уровнях, а степени сложности изделий и технологий определяются такими факторами, как простая (код 0) и сложная (код 1). С учётом этого может быть реализован план эксперимента типа  $2^2$ , т.е. рассмотрено четыре вышеописанных варианта сочетаний базовых и новых изделий и технологий. Матрица планирования такого эксперимента с учётом кодов 0 и 1 представлена в таблице 1.

Таблица 1

Матрица вариантов интеграции базовых и новых изделий и технологий

№ варианта	Коды степеней сложности, $Q$ , для уровней производства		Степень мобильности, $Q_m$
	базовый	новый	
1	0	0	Низкая
2	0	1	Низкая
3	1	0	Высокая
4	1	1	Высокая

Как видно из таблицы, первый и второй варианты отличаются низкой мобильностью, так как имеют простые базовые изделия и технологии, не обеспечивающие освоение более сложных новых изделий, а третий и четвёртый варианты характеризуются высокой мобильностью, так как имеют сложные базовые изделия и технологии, позволяющие адаптировать к ним новые изделия.

Степень мобильности  $Q_m$ , или степень восприимчивости производством новых изделий и технологий, характеризуется следующими степенями сложности  $Q$  [8]:

1) технологической – степень производительности и качество качества, количественные и размерные характеристики;

2) ресурсосберегающей – степень расхода материала;

3) энергосберегающей – степень расхода энергии;

4) организационной – степень устойчивости, степень применяемости;

5) эксплуатационной – степень изношенности, степень ремонтпригодности;

6) экономической – степень трудоёмкости;

7) экологической – степень безопасности;

8) социальной – степень подготовки кадров, степень развития социальной структуры.

Таким образом, мобильность производства является функцией многих составляющих:

$$Q_m = f(Q_{техн}, Q_{рес}, Q_{энер}, Q_{экон}, Q_{экол}, Q_{соц}, Q_{...}). \quad (3)$$

В такой постановке определение степени мобильности является довольно сложной задачей. Однако при интеграции технологий экспресс-оценка технологических возможностей производства может быть произведена по коэффициенту степени мобильности, включающему только степени сложности изделий и технологий. В этом случае с учётом выражений (2) и (3) степень мобильности производства мо-

жет быть определена как доля отклонения в степенях сложности нового и базового изделий или технологий, отнесенная к степени сложности базового изделия или технологии и рассчитана по формуле:

$$K_m = Q_n / (\pm (Q_n - Q_b) + 1), \quad (4)$$

где  $Q_n$  и  $Q_b$  – степени сложности соответственно новых и базовых изделий и технологий.

Если коэффициент мобильности равен или больше единицы, то технологические возможности производства достаточны для освоения новой продукции.

Рассмотрим определение степени сложности изделий и мобильности производства на примере инструментального производства. С учётом разработанной классификации режущих инструментов по конструктивному, технологическому и функциональному признакам [9] они подразделяются на цельные, составные и сборные. Условно можно выделить три группы степеней сложности режущих инструментов:

- 1) лезвие и державка выполнены заодно;
- 2) лезвие и державка выполнены раздельно и соединены сваркой, пайкой и клейкой;
- 3) лезвие, державка и корпус выполнены раздельно и соединены путём сборки.

Для этих групп степеней сложности режущего инструмента был выполнен статистический анализ трудоёмкости изготовления резцов по данным [10] и Оршанского инструментального завода\*.

Анализ зависимости степени сложности изготовления резца (проходного, расточного и отрезного) от группы сложности проиллюстрирован рисунком 1.

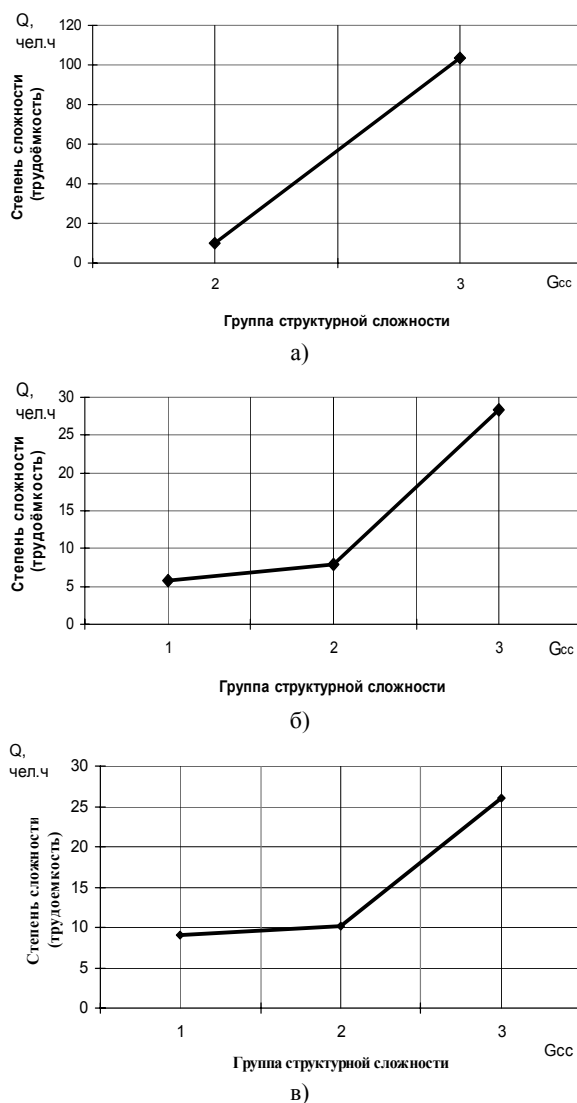


Рис. 1. Зависимости степени сложности изготовления резца проходного (а), расточного (б) и отрезного (в) от группы сложности: 1 – цельный; 2 – составной; 3 – сборный

\* В обработке статистических данных принимали участие А.В. Сидикевич и В.А. Спектор.

Как видно из графиков, трудоемкость изготовления резцов при переходе от одной группы сложности к другой описывается линейным законом. Статистическая обработка данных показывает, что независимо от типа резца (проходной, расточной, отрезной) изменение степени сложности составного (напайного) по сравнению с цельным резцом незначительна и находится в пределах 0,2, а изменение степени сложности сборного резца по сравнению с составным – в пределах 1,0.

Для сборного режущего инструмента изменение степени сложности при переходе от стандартной конструкции (группы 1 и 2) к блочно-модульной (группа 3) также близка к 1 (рис. 2).

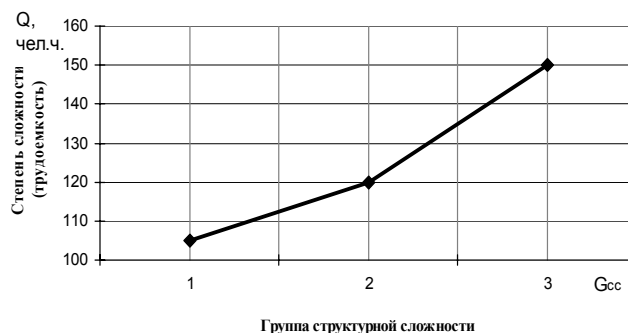


Рис. 2. Зависимость степени сложности сборного режущего инструмента от группы сложности:

1 – пластина, зажим, державка; 2 – пластина, подкладка, зажим, державка;  
3 – блочно-модульный режущий инструмент

Если представить, согласно методике [5], цельный резец как простейшее изделие и степень его сложности принять за 0, то степень сложности составного резца будет равна примерно 0,2, сборного (пластина, зажим, державка) – примерно 1,0, сборного с подкладкой – 1,2, а блочно-модульного – около 1,5.

Для определения степени сложности проектирования и изготовления сборных режущих инструментов с учетом коэффициентов концептуальной сложности и новизны решений можно воспользоваться данными, представленными в [11] и [12].

Блочно-модульный режущий инструмент (БМРИ) как конструкция, состоящая из отдельных модулей-переходников, а по существу – накладок из универсальных элементов, согласно [11] может быть отнесен к третьей группе сложности специальных станочных приспособлений. Отсюда выбираются нормативы времени и заработной платы [11, табл. 3] для третьей группы сложности. Цельные и составные резцы могут быть отнесены к первой группе сложности, как втулки, подставки и плитки, а сборные инструменты – ко второй группе, как приспособления сборные из 2 – 3 деталей.

Для БМРИ должны быть также учтены нормативы времени и заработной платы на НИР и патентную работу [11, табл. 43 – 49] – коэффициенты концептуальной сложности  $K_k = H_3/H_1$  (на НИР) и новизны решений  $K_n = H_3/H_1$  (на патент).

Результаты расчета степени сложности проектирования режущих инструментов с учетом концептуальной сложности и новизны решений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Степень сложности проектирования сборных режущих инструментов

Группа сложности	Значения		
	Коэффициент концептуальной сложности, $K_k$	Коэффициент новизны, $K_n$	Показатель степени сложности, $Q$
1	1,0	1,0	1
2	1,0	1,0	2
3	1,1	1,2	3,96

С учетом полученных данных могут быть определены технологические возможности производства (степень его мобильности) при освоении выпуска блочно-модульных режущих инструментов.

Например, для Оршанского инструментального завода, которым освоено производство как цельных, составных, так и сборных режущих инструментов, коэффициент мобильности по формуле (4) составит  $K_m = 120/((150 - 120) + 1) \approx 4$ .

Так как значение коэффициента  $K_m$  больше 1, то степень мобильности Оршанского инструментального завода достаточна для освоения блочно-модульных режущих инструментов.

**Заключение.** Предложенная методика и расчетные формулы позволяют произвести экспресс-оценку степени технологической мобильности производства по показателю степени сложности базовых и новых изделий и технологий. С учетом программы выпуска изделий и себестоимости их проектирования и изготовления данная методика также обеспечивает оценку прогнозируемых финансовых затрат на освоение новых изделий и технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: в 6 т. / под общ. ред. Е.С. Ямпольского. – М.: Машиностроение, 1974. – Т. 1. Организация и методика проектирования. – 296 с.
2. Гамрат-Курек, Л.И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учеб. пособие / Л.И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 1974. – 190 с.
3. Шарин, Ю.С. Новый метод нормирования мехобработки / Ю.С. Шарин, Т.В. Старцев // Машиностроитель. – 1999. – № 1. – С. 35 – 36.
4. Якимович, Б.А. Экспертные методы оценки структурно-параметрической сложности деталей / Б.А. Якимович, А.И. Коршунов // Информатика. Машиностроение. – М.: Машиностроение, 1997. – № 3. – С. 28 – 32.
5. Попок, Н.Н. Мобильная реорганизация машиностроительного производства / Н.Н. Попок. – Минск, Технопринт, 2001. – 396 с.
6. Попок, Н.Н. Экспертная оценка степени сложности станков с применением регрессионного анализа / Н.Н. Попок, А.И. Москалёв, Д.И. Редько // Машиностроение: сб. – 2002. – Вып. 18. – С. 327 – 331.
7. Попок, Н.Н. Экспресс-оценка степени мобильности многономенклатурного производства / Н.Н. Попок // Машиностроение: сб. – 2003. – Вып. 19. – С. 323 – 327.
8. Попок, Н.Н. Экспертная оценка сложности узлов и деталей металлорежущих станков при их проектировании, изготовлении или ремонте / Н.Н. Попок, С.Н. Мартинчик // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: сб. науч. тр. – Новополоцк, ПГУ; Минск: Технопринт, 2001. – С. 612 – 617.
9. Попок, Н.Н. Обоснование классификации режущих инструментов по конструктивным, технологическим и функциональным признакам / Н.Н. Попок // Машиностроение: сб. – 2005. – Вып. 21. – Т. 1 – С. 143 – 150.
10. Общемашиностроительные типовые нормы времени на изготовление резцов. – М.: Экономика, 1990, – 145 с.
11. Нормы времени, нормативы заработной платы, расценки, классификаторы групп сложности на проектно-технологические, конструкторские, научно-исследовательские работы и работы по научно-техническому обеспечению основной деятельности / Мин-во станкоинструментальной и инструментальной промышленности; Научно-производственное объединение по комплексному, технологическому проектированию станкостроительных предприятий «Оргстанкнипром». – М., 1988. – 244 с.
12. Общемашиностроительные типовые нормы времени на изготовление вспомогательного инструмента. – М.: Экономика, 1988. – 141 с.

Поступила 27.12.2007